

B. Faye¹
C. Grillet²
Abebe Tessema²

Teneur en oligo-éléments dans les fourrages et le plasma des ruminants domestiques en Ethiopie

Le cuivre, le zinc, le fer, le cobalt et le manganèse ont été dosés dans 59 échantillons de fourrages provenant de l'ensemble du territoire éthiopien. 1 082 plasmas de ruminants domestiques (432 bovins, 425 ovins, 173 caprins et 52 camélins) provenant de 89 lieux différents ont été analysés pour déterminer le cuivre, le zinc et le fer plasmatique par spectrométrie d'absorption atomique et pour doser les teneurs en céruloplasmine et en transaminase (TGO). Les résultats des analyses ont montré l'importance considérable à la fois qualitative et quantitative de la carence en cuivre chez les animaux et de la carence en zinc dans les fourrages.

La vallée du Rift constitue un ensemble pédogéologique fortement déficient en cuivre alors que les carences en zinc chez les animaux coïncident avec les zones granitiques ou dioritiques. La carence en fer (anémie) semble liée au parasitisme surtout sanguin, mais aussi à la carence en cuivre. Il ne semble pas y avoir en Ethiopie de carences en cobalt et en sélénium, les taux de transaminases étant dans les normes chez toutes les espèces considérées. L'ensemble des résultats obtenus point par point a permis de dresser une carte des carences que des études ultérieures devront préciser dans le détail. *Mots clés* : Ruminant - Fourrage - Plasma - Oligo-élément - Ethiopie.

INTRODUCTION

L'étude de l'ataxie néonatale de l'agneau dans la vallée de l'Awash a montré l'importance de la carence en cuivre dans le Rift éthiopien, carence liée à la faible teneur en cuivre dans les fourrages (5, 6). Une investigation plus large s'est avérée nécessaire pour déterminer non seulement l'étendue de la carence en cuivre sur l'ensemble du territoire éthiopien, mais aussi l'incidence d'autres carences en oligo-éléments tels que le zinc, le fer, le cobalt, le manganèse et le sélénium chez les ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins et dromadaires). L'importance des déséquilibres nutritionnels est en effet mal connue et la mortalité liée à ces déséquilibres, souvent sous-estimée, car leur occurrence est en général masquée par les maladies infectieuses majeures.

1. Laboratoire d'écopathologie, INRA-CRZV, Theix, 63122 Ceyrat, France.

2. Laboratoire de biochimie-nutrition, Veterinary Research Institute, PO Box 19, Debré-Zeit, Ethiopie.

Les résultats de l'enquête présentés ici ont pour but d'aider au diagnostic de certains problèmes pathologiques localement non résolus, et d'établir, dans la limite des connaissances acquises point par point, une carte des carences en oligo-éléments.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Prélèvements

Cinquante-neuf prélèvements de fourrages provenant de 54 lieux différents ont été réalisés, soit par nos soins, soit par le Département de nutrition animale du ministère de l'Agriculture. La plupart des échantillons concernent des pâturages naturels à différents stades de végétation (fourrages verts, foin, pailles). 1 082 plasmas ont été obtenus à partir de 432 bovins, 425 ovins, 173 caprins et 52 camélins, provenant de 89 lieux différents. Le sang est prélevé à la veine jugulaire, recolté sur tube Sarsted, centrifugé sur place, et le plasma surgéant séparé par filtre à hématies. Avant centrifugation, l'hématocrite est déterminé sur tubes à micro-hématocrites. Les prélèvements sont transportés à la température de la glace fondante, puis congelés à - 20 °C jusqu'au moment des analyses. Le nombre, le lieu, les espèces animales et la répartition des points de prélèvements figurent dans le tableau I et sur la carte 1. D'autres précisions (altitude, pluviométrie, type du lieu de prélèvement) sont consignées dans un rapport sur cette étude (7).

Analyses de laboratoire

Le cuivre, le zinc et le fer plasmatique sont dosés par spectrométrie d'absorption atomique (université de Debré-Zeit) sur spectrophotomètre BECKMAN, selon la technique de BELLANGER et LAMAND (2). Les oligo-éléments des fourrages (Cu, Co, Zn, Fe, Mn) sont dosés

TABLEAU I Nombre de prélèvements par province.

Provinces	Nombre de prélèvements				
	Bovin	Ovin	Caprin	Camelin	Fourrages
Arsi	24	24	12	—	3
Bale	18	15	16	9	—
Gemu-Gofa	20	33	25	—	2
Godjam	27	29	10	—	4
Gondar	28	13	16	—	3
Harrar	24	78	13	7	6
Illubabor	25	19	21	—	4
Kaffa	31	15	6	—	2
Shoa	84	107	12	13	14
Sidamo	71	36	18	14	8
Wollega	64	32	11	—	7
Wollo	16	24	13	9	5
Erythrée	—	—	—	—	1
Total	432	425	173	52	59

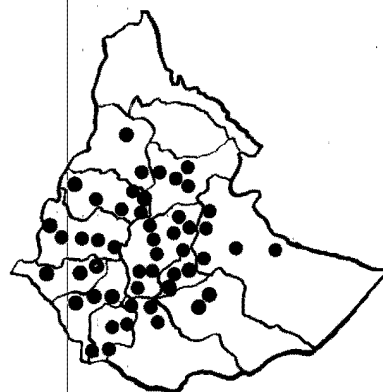
par spectrométrie d'absorption atomique au laboratoire de nutrition de l'EMVT.

La céruloplasmine (Cp) est dosée selon la méthode de SUNDERMAN et NOMOTO (25). Les essais préalables ont montré que dans toutes les espèces considérées le pH optimal pour le dosage de l'activité oxydasique de la Cp est compris entre 6,3 et 6,4. Toutes les analyses ont donc été réalisées à un pH de 6,3. Pour chaque série d'analyses, nous avons utilisé un plasma témoin provenant d'un mélange homogénéisé de 10 plasmas de mouton.

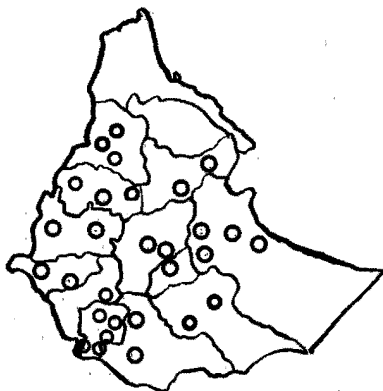
La transaminase glutamique oxalacétique (TGO) qui permet de déceler l'apparition précoce des carences en sélénium (11) et en cobalt (27) chez l'animal est dosée selon la méthode classique de REITMAN et FRANKEL (19). Pour chaque série d'analyses, nous avons utilisé le même plasma témoin que pour le dosage de la Cp.



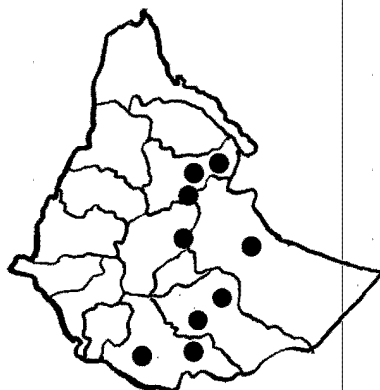
BOVIN (62)



OVIN (50)



CAPRIN (29)



CAMELIN (9)



FOURRAGE (54)

Carte 1 : Lieux de prélèvement des fourrages et du sang par espèce. Entre parenthèses : nombre de points.

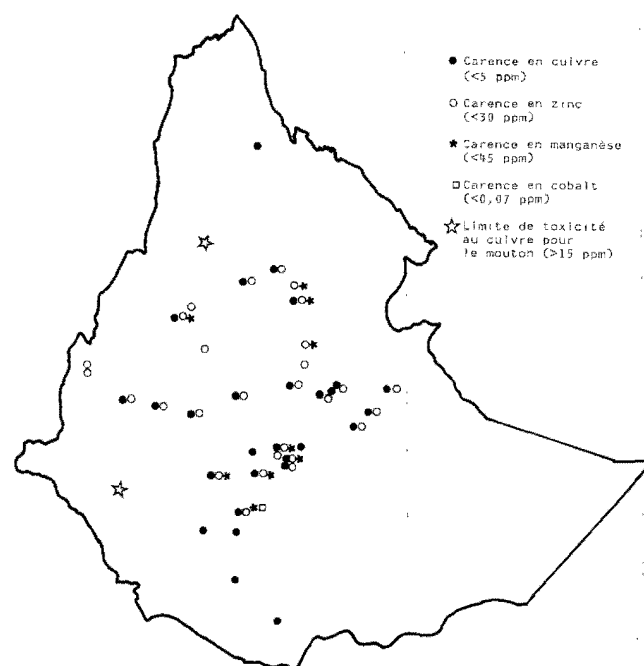
RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Analyses de fourrages

Les résultats (moyenne et écart type) sont consignés dans le tableau II. Nous considérerons comme carencés les fourrages dont les teneurs en cuivre sont inférieures à 5 ppm, 30 ppm pour le zinc, 45 ppm pour le manganèse, 0,07 ppm pour le cobalt et 50 ppm pour le fer (14, 27). En retenant ces valeurs comme valeurs limites, nous pouvons dresser la carte 2. Les teneurs comprises entre 5 et 7 ppm (cuivre) et entre 30 et 45 ppm (zinc) caractérisent les fourrages sub-carencés.

Les dosages réalisés montrent que ce sont les déficiences en cuivre et en zinc qui sont les plus répandues en Ethiopie. En effet, 28 points de prélèvements (sur 54) sont fortement carencés en cuivre et 9 sub-carencés. Pour le zinc, les chiffres sont respectivement 28 et 17. Les carences en manganèse sont plus rares (9 points), les carences en cobalt exceptionnelles (seul le prélèvement réalisé à Awassa atteint le seuil limite de la carence pour cet élément, soit 0,07 ppm) et les carences en fer inexistantes. De nombreux fourrages sont polycarencés : 21 échantillons sont à la fois fortement déficients en cuivre et en zinc. Ce nombre est de 35 si l'on inclut les subcarences. Six échantillons sont à la fois fortement déficients en cuivre, zinc et manganèse.

Géographiquement, les carences en cuivre et en zinc se localisent dans la vallée du Rift et aux abords de celle-



Carte 2 : Carte des carences dans les fourrages.

ci (bordures méridionale et occidentale du « Triangle Afar »), dans la haute vallée de l'Omo, le Wolléga et la région du lac Tana. Les carences en manganèse sont surtout marquées dans le Shoa (vallée du Rift, Gibé), le Wollo et, dans une moindre mesure, la région du lac Tana.

Deux échantillons (Tipi dans le sud de l'Illubabor et Dabat dans le nord du Gondar) présentent des teneurs

TABLEAU II Teneur en oligo-éléments (moyenne et écart type) dans les fourrages, par province.

Provinces	Teneur en oligo-éléments (en ppm de MS)				
	Cobalt	Cuivre	Zinc	Manganèse	Fer
Arsi	0,22 ± 0,10	4,13 ± 1,64	25,15 ± 15,14	164,73 ± 176,08	550,23 ± 338,89
Gemu-Gofa	0,79 ± 0,93	6,12 ± 5,65	55,12 ± 0,49	162,40 ± 47,94	3 175,0 ± 4 108,30
Godjam	0,29 ± 0,15	6,28 ± 1,69	21,51 ± 7,09	119,55 ± 117,26	448,77 ± 231,72
Gondar	0,51 ± 0,36	9,18 ± 6,03	28,52 ± 8,98	96,33 ± 29,45	699,76 ± 583,59
Harrar	0,46 ± 0,15	4,24 ± 2,08	26,43 ± 9,35	297,16 ± 33,09	880,85 ± 518,24
Illubabor	3,18 ± 3,08	10,95 ± 6,25	46,58 ± 19,14	366,42 ± 101,14	4 142,05 ± 2 405,70
Kaffa	4,06 ± 1,25	11,45 ± 2,86	88,25 ± 14,18	561,40 ± 45,39	10 380,50 ± 6 548,51
Shoa	0,60 ± 0,67	5,30 ± 2,73	33,42 ± 12,75	228,85 ± 257,40	1 432,84 ± 1 716,76
Sidamo	0,51 ± 0,44	5,20 ± 2,38	42,49 ± 19,45	195,93 ± 159,17	1 022,55 ± 969,63
Wollega	0,80 ± 1,08	5,91 ± 3,66	18,14 ± 5,82	101,42 ± 33,89	1 031,72 ± 1 870,24
Wollo	0,32 ± 0,11	7,16 ± 4,35	25,85 ± 8,32	45,66 ± 12,96	597,02 ± 330,84
Erythrée	0,30	4,38	32,38	57,20	369
Ethiopie	0,84	6,22	33,65	197,6	1 619,2
Limite de carence	0,07	7,00	45,00	45,00	50,00

B. Faye, C. Grillet, Abebe Tessema

élevées en cuivre (> 15 ppm), supérieures à la limite de la toxicité généralement admise pour le mouton (12). On pourrait attribuer ces fortes teneurs à des contaminations, mais il faut néanmoins remarquer que l'échantillon de Dabat est par ailleurs sub-carencé en zinc et que Tipi se situe dans une région à forte pluviométrie (Illubabor et Kaffa) où l'ensemble des prélèvements paraît particulièrement riche en oligo-éléments.

Il est évident que ces résultats ne sont à prendre en considération qu'avec prudence et ne peuvent être utiles qu'à titre de complément de l'enquête sur les carences chez les animaux. En effet, les teneurs en oligo-éléments dans les fourrages varient selon le génotype de la plante, son stade de végétation et son cycle de repousse (17), les techniques culturales (16) et la saison (14, 23). Nous avons nous-mêmes constaté l'effet de l'irrigation sur l'augmentation des teneurs en cuivre et en molybdène (5) dans les pâturages de la vallée de l'Awash.

Analyses de sang

Les résultats par province sont consignés dans les tableaux III (zinc et cuivre), IV (fer et hématocrite) et V

(Cp et TGO), et les résultats obtenus point par point permettent de dresser la carte 3.

Cuivre plasmatique

Nous avons défini les termes de carence et de sub-carence en cuivre de la manière suivante :

— carence en cuivre : tout point où l'ensemble des espèces ayant fait l'objet d'un prélèvement présente des teneurs moyennes en cuivre plasmatique inférieures à la limite de carence admise (soit $60 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ pour les bovins et $70 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ pour les autres espèces) ; ou bien si une seule espèce est concernée, lorsque la teneur moyenne atteint des valeurs inférieures à $50 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ pour les bovins et 60 pour les autres espèces) ;

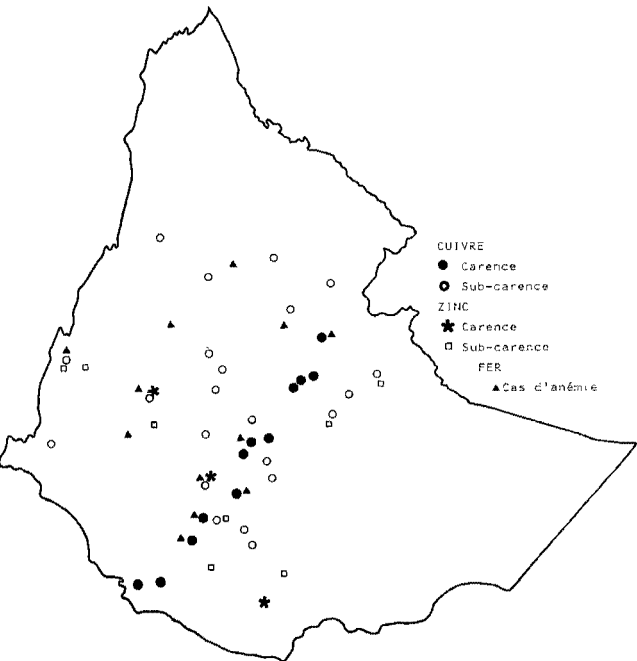
— sub-carence en cuivre : tout point où l'une au moins des espèces considérées présente des teneurs moyennes inférieures à la limite de carence ; ou bien dans le cas où une seule espèce a fait l'objet d'un prélèvement, lorsque la teneur en cuivre plasmatique est comprise entre 50 et $60 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ chez le bovins, entre 60 et $70 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ chez les autres espèces.

TABLEAU III Valeurs du cuivre et du zinc plasmatique chez les différentes espèces et par province (moyenne et valeurs extrêmes des moyennes de troupeau).

Province	Cuivre (en $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)				Zinc (en $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)			
	Bovin	Ovin	Caprin	Camelin	Bovin	Ovin	Caprin	Camelin
Arsi	69 (67-72)	87 (59-114)	51	—	119 (103-137)	111 (106-117)	89	—
Bale	65 (53-76)	113 (106-120)	79 (75-119)	145 (140-151)	114 (106-124)	118 (111-125)	91 (84-99)	123 (86-160)
Gemugofa	53 (37-70)	58 (21-99)	79 (21-107)	—	133 (100-167)	106 (94-117)	111 (69-135)	—
Godjam	69 (61-75)	104 (66-136)	107 (93-118)	—	123 (99-145)	117 (103-129)	103 (89-131)	—
Gondar	63 (57-72)	85 (63-108)	75 (59-85)	—	120 (75-145)	113 (106-120)	103 (92-105)	—
Harrar	48 (32-56)	76 (31-131)	110 (57-167)	121	117 (99-139)	114 (98-129)	97 (62-142)	93
Illubabor	65 (59-75)	124 (83-166)	117 (112-122)	—	89 (87-90)	109 (103-106)	116 (95-137)	—
Kaffa	71 (64-86)	95 (86-101)	106	—	129 (121-149)	111 (103-115)	134	—
Shoa	69 (42-117)	88 (37-125)	105 (87-124)	66	109 (84-139)	108 (63-144)	101 (94-108)	95
Sidamo	55 (17-73)	67 (32-88)	95 (93-97)	117 (97-137)	86 (66-105)	121 (106-137)	118 (107-129)	94 (87-101)
Wollega	75 (54-95)	92 (61-115)	116 (115-117)	—	86 (62-117)	117 (104-123)	95 (94-96)	—
Wollo	72 (69-74)	80 (64-97)	83 (73-93)	84	138 (127-151)	123 (110-140)	134 (128-141)	97 (81-122)
Ethiopie	64,6	89,2	95,1	107	113,5	114,2	107,7	100,4

TABLEAU IV Valeurs du fer plasmatique et de l'hématocrite chez les différentes espèces et par province (moyenne et valeurs extrêmes des moyennes de troupeau).

Province	Fer (en µg/1 000 ml)				Hématocrite (en p. 100)			
	Bovin	Ovin	Caprin	Camelin	Bovin	Ovin	Caprin	Camelin
Arsi	199 (127-284)	168 (136-204)	149 —	— —	33 (30-36)	29 (25-37)	31 —	— —
Bale	186 (168-202)	216 (215-218)	168 (150-187)	225 (130-321)	28 (22-37)	33 (29-38)	23 (21-26)	25 (23-28)
Gemugofa	171 (142-219)	122 (99-154)	90 (67-114)	— —	28 (27-29)	27 (25-30)	28 (23-31)	— —
Godjam	157 (107-154)	158 (83-298)	212 (178-257)	— —	27 (24-35)	28 (26-30)	28 (19-37)	— —
Gondar	216 (90-298)	146 —	274 (228-312)	— —	27 (20-34)	29 —	28 (25-31)	— —
Harrar	148 (129-160)	128 (47-192)	183 (156-223)	107 —	28 (23-32)	25 (22-30)	29 (16-43)	24 —
Illubabor	178 (117-210)	139 (85-211)	120 (93-146)	— —	26 (21-31)	24 (22-25)	30 —	— —
Kaffa	145 (119-179)	119 (95-154)	119 —	— —	28 (25-34)	27 (25-28)	31 —	— —
Shoa	135 (108-177)	125 (82-192)	119 (71-168)	117 —	30 (23-36)	33 (24-43)	31 (30-33)	23 —
Sidamo	147 (111-216)	112 (76-136)	115 (109-121)	73 (71-75)	29 (21-34)	28 (24-30)	29 (29-30)	24 (23-25)
Wollega	134 (54-197)	122 (100-126)	117 (85-150)	— —	28 (17-37)	30 (24-36)	18 (11-25)	— —
Wollo	130 (77-183)	133 (106-187)	93 (86-101)	114 (99-136)	29 (25-30)	33 (30-41)	26 (23-29)	22 (20-26)
Ethiopie	162	141	147	127	28	29	27	24



Carte 3 : Carte des carences dans les plasmas.

Compte tenu de ces définitions, nous avons relevé 11 points de carence et 24 de sub-carence. Il est remarquable que la plus grande partie des points de carence (8) et près de la moitié des points de sub-carence (10) sont inclus géographiquement dans la vallée du Rift. Nous avons d'ailleurs constaté au cours des séances de prélèvement, des cas d'ataxie néonatale à Gewani, Melka Werer, Sabouré, Meki et Awassa, points tous fortement déficients. D'autre part, l'ataxie néonatale est décrite à Tendaho, Adami-Tullu (22) et autour du lac Abaya. Nous pouvons donc considérer l'ensemble de la vallée du Rift en Ethiopie comme une zone fortement déficiente en cuivre.

Les cas de sub-carences sont nombreux et affectent essentiellement les bovins. En général, le mouton est plus sensible que les autres espèces, mais, dans le cadre de notre enquête, il semble que les bovins présentent des teneurs globalement plus basses (teneur moyenne nationale de 64,5 µg/100 ml pour les bovins contre 89,2 pour les ovins).

Il est vraisemblable que des différences dans le mode d'élevage et surtout d'alimentation expliquent en partie

TABLEAU V Valeurs de la céruloplasmine et des transaminases chez les différentes espèces et par province (moyenne et valeurs extrêmes des moyennes de troupeau).

Province	Céruloplasmine (en D.O.)				Transaminases (en unités R.F.)			
	Bovin	Ovin	Caprin	Camelin	Bovin	Ovin	Caprin	Camelin
Arsi	203 (123-218)	317 (184-450)	265 —	— —	54 (48-66)	53 (51-56)	57 —	— —
Bale	164 (113-219)	347 (336-359)	335 (298-372)	116 (110-122)	44 (19-58)	67 (54-60)	37 (37-38)	25 (24-27)
Gemugofa	144 (81-231)	209 (116-291)	310 (258-368)	— —	47 (41-57)	59 (49-71)	56 (49-62)	— —
Godjam	187 (120-134)	407 (325-485)	334 (300-365)	— —	46 (33-58)	61 (56-68)	37 (25-45)	— —
Gondar	215 (131-337)	373 (323-424)	382 (349-412)	— —	52 (42-58)	70 —	42 (36-47)	— —
Harrar	122 (44-223)	287 (84-458)	222 (52-351)	137 —	51 (40-58)	64 (41-81)	65 (44-103)	40 —
Illubabor	175 (115-209)	318 (185-393)	400 (375-425)	— —	47 (39-49)	65 (50-86)	40 (37-44)	— —
Kaffa	159 (139-183)	299 (291-313)	363 —	— —	49 (36-58)	79 (68-79)	55 —	— —
Shoa	123 (68-202)	368 (98-549)	349 (320-378)	38 —	51 (32-73)	58 (25-82)	43 (37-49)	31 —
Sidamo	159 (57-303)	297 (65-426)	343 (325-361)	129 (111-147)	56 (40-81)	63 (61-65)	45 (45-46)	40 (37-44)
Wollega	163 (119-200)	356 (288-312)	298 (285-312)	— —	43 (31-48)	58 (53-63)	45 (40-51)	— —
Wollo	155 (115-176)	307 (142-467)	306 (296-318)	80 (59-110)	53 (47-64)	66 (49-88)	56 (51-62)	49 (44-53)
Ethiopie	164	324	326	100	49	63	48	32

les variations interspécifiques, de nombreux troupeaux de bovins étant en effet carencés dans des zones où les petits ruminants présentent des cuprémies largement supérieures à la limite de carence. Il existe aussi des différences raciales chez les ovins (27). Les valeurs très élevées observées chez les bovins (Wonji : 97,3. Modjo : 97) sont dues au fait qu'il s'agit d'animaux de fermes d'Etat complémentés avec des pierres à lécher contenant 1 500 ppm de cuivre.

La cuprémie chez les caprins est en moyenne plus élevée que chez les ovins (95,1 µg/100 ml) et les cas de carences sont plus rares dans cette espèce. La diversité plus grande de l'alimentation, notamment avec l'importance des fourrages ligneux dans la ration des caprins, explique en partie leur moindre sensibilité. RODER (22) signale cependant des cas d'ataxie chez les chevreux à Méta'hara et à Adami-Tullu.

La cuprémie est en moyenne plus élevée chez les dromadaires (107 µg/100 ml) que chez les autres espèces, ce qui confirme les résultats de TARTOUR (26) au Soudan et ceux d'IBRAHIM et collab. (9) en Egypte. Si l'on estime à 70 µg/100 ml la limite de carence dans cette

espèce, les dromadaires de Doho (66 µg/100 ml) et de Tendaho (69 µg/100 ml) peuvent être considérés en état de carence ce qui confirme nos résultats concernant les dromadaires de la région d'Awash (6).

Nous pouvons comparer l'ensemble de nos résultats avec ceux de TARTOUR au Soudan occidental (les effectifs sont indiqués en gras et entre parenthèses).

Bovins	Ovins	Caprins	Camelins	
73,6 (71)	85 (111)	78,9 (24)	97,6 (19)	TARTOUR (26)
64,5 (432)	89,2 (425)	95,1 (173)	107 (53)	FAYE et al. (5, 6)

Même dans les zones très carencées (triangle Afar), les dromadaires présentent des cuprémies très supérieures à celles des petits ruminants. Là encore, le mode d'alimentation (nomadisme et prédominance des fourrages ligneux dans la ration) évite à cette espèce d'atteindre les mêmes états de carence que les autres ruminants. Nous avons observé que les prélèvements réalisés en fin de saison des pluies avaient des valeurs en cuivre plasmatique plus basses (45 µg/100 ml) (5) que les prélèvements effectués en milieu de saison sèche (66,8 µg/100 ml). Ceci est lié au fait que l'importance

des fourrages ligneux dans la ration augmente considérablement en saison sèche (4) et que les teneurs en cuivre dans les ligneux sont en général plus élevées (5).

Zinc plasmatique

Globalement, la carence en zinc est moins répandue que la carence en cuivre en Ethiopie, moins en tout cas que ne pouvait le laisser supposer les teneurs dans les fourrages. De plus, compte tenu de la grande variabilité individuelle des zincémies, nous avons donné de la carence en zinc des définitions différentes de celles du cuivre :

— carence en zinc : tout point où l'une au moins des espèces présente des teneurs inférieures à la limite de carence admise (70 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) ;

— sub-carence en zinc : tout point où l'une des espèces présente des zincémies moyennes comprises entre 70 et 80 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$; ou bien un nombre d'animaux carencés représentant au moins la moitié de l'échantillon considéré.

Compte tenu de ces définitions, nous pouvons dénombrer 3 points de carence (Watchillé, Hosanna, Nekemte) et 9 de sub-carence. Trois zones peuvent être délimitées :

- le sud du Sidamo (triangle Agare-Maryam, Watchillé, Neghelli) ;
- les monts du Harrargue (ligne Gelemso, Dire-Dawa) ;
- le Wollega (région d'Asosa-Mendi et de Nekemte-Arjo).

Ces trois régions ont pour particularité, du point de vue géologique, d'être situées sur des sols granitiques et dioritiques (sauf pour la région de Nekemte-Arjo).

Les cas individuels de carence en zinc sont beaucoup moins répandus que les cas de carence en cuivre : il existe 75 points de prélèvement où se trouvent des animaux hypocuprémiques contre 46 pour les animaux hypozincémiques. Nous avons dénombré 428 animaux carencés en cuivre contre 94 déficients en zinc. Les bovins semblent être aussi les plus touchés par la carence en zinc (2 points de carence et 6 de sub-carence), plus que les caprins (3 points de sub-carence) et que les ovins (1 point de carence). Les dromadaires se comportent mieux que les autres espèces, y compris dans les régions sensiblement déficientes (sud du Sidamo). Cependant, la teneur en zinc plasmatique du dromadaire est en moyenne plus basse que pour les autres espèces puisque les moyennes nationales sont de 113,5 pour les bovins, 114,2 pour les ovins, 107,7 pour les caprins et 100,4 pour les camelins. Cette teneur est sensiblement plus élevée que celle observée

par IBRAHIM et collab. (9) en Egypte (76,5 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$). La limite de carence dans cette espèce est sans doute plus basse que pour les autres espèces de ruminants domestiques. Mais le faible nombre de références concernant les oligo-éléments chez le dromadaire ne nous permet pas d'en savoir davantage à l'heure actuelle (20).

Fer plasmatique et hématocrite

Il n'existe pas semble-t-il chez les ruminants pâturant dans des conditions naturelles, de carence en fer (21, 27). Nous avons vu que sur l'ensemble de l'Ethiopie les fourrages contiennent des teneurs en fer largement supérieures aux besoins. Néanmoins, il est connu que les fortes infestations parasitaires dues aux helminthes, ainsi que l'hémoparasitisme, peuvent être la cause d'anémies sévères et se traduisent par une diminution notable de la teneur en fer plasmatique.

Les limites de carence sont mal déterminées. Nous retiendrons les normes citées par UNDERWOOD (27) soit 80 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ chez les bovins, 100 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ chez les petits ruminants. Si nous considérons la zone carencée, tout point où l'une au moins des espèces se situe en dessous des limites définies, nous obtenons 16 points de carence que l'on peut circonscrire en 3 zones :

- l'ouest de l'Ethiopie (Asosa, Mendi, Yayu, Tipi, Bonga, Dimtu) ;
- le Wollo (Kémissié, Filakit) ;
- la vallée du Rift (de Gewani à Arboré).

Les teneurs relativement faibles relevées dans le Wollo sont dues pour l'essentiel à quelques animaux très anémiés qui font diminuer la moyenne du troupeau. Il s'agit vraisemblablement d'animaux très parasités. Il est plus étonnant de constater que les carences en fer sont fréquentes dans l'ouest du pays, région où les fourrages sont particulièrement riches en cet élément. Mais il s'agit aussi de régions à forte pluviométrie, propices au parasitisme de toute sorte. En ce qui concerne le Wollega, nos observations sur le terrain nous ont permis de déceler l'importance de l'hémoparasitisme (en particulier la babésiose) ce qui se traduit par un faible hématocrite et explique les nombreux cas d'anémie rencontrés dans cette province.

Enfin, nous ne pouvons manquer de constater l'importance des déficiences dans la vallée du Rift, en particulier dans les lieux où nous avons relevé de fortes carences en cuivre. Les résultats sont corroborés par un hématocrite bas (Gewani et Awassa en particulier). La carence en cuivre peut se traduire par de l'anémie chez le mouton (1), même si ce n'est pas un symptôme constant (5, 22). Nous constatons d'ailleurs que seuls les petits ruminants dans la vallée du Rift sont défi-

cients alors que les bovins des mêmes lieux de prélèvement présentent des teneurs normales en fer plasmatique. Il semble donc bien que les carences constatées dans la vallée du Rift soient en partie liées à une déplétion importante du cuivre. Si nous comparons les valeurs de la cuprémie moyenne et du fer plasmatique relevées dans la vallée du Rift à celles observées dans le reste de l'Ethiopie, nous pouvons dresser le tableau VI.

TABLEAU VI Comparaison des teneurs en fer et cuivre plasmatique entre la vallée du Rift et le reste de l'Ethiopie (en $\mu\text{g}/100\text{ ml}$).

	Vallée du Rift		Reste de l'Ethiopie	
	cuivre	fer	cuivre	fer
Bovins	49	184	66	160
Ovins	39	109	99	147
Caprins	74	116	105	161
Camelins	67	112	118	131

Chez le dromadaire, il ne semble pas que la déficience en cuivre s'accompagne d'une carence en fer. Dans cette espèce, les valeurs les plus basses sont observées dans le Sidamo. IBRAHIM et collab. (9) notent que l'infestation parasitaire baisse significativement la teneur en fer plasmatique chez le dromadaire, les teneurs moyennes entre l'animal sain et l'animal parasité passant de 116 à 94 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Il faut donc supposer un parasitisme du dromadaire plus important dans la province du Sidamo.

L'hématocrite du dromadaire est plus bas en moyenne que chez les autres espèces (24 contre 28). Il est difficile de tirer des conclusions significatives des résultats d'hématocrite compte tenu de la forte variabilité due à l'altitude et à l'état sanitaire des animaux.

Céruloplasmine

La teneur en Cp dans le plasma est corrélée positivement à la teneur en cuivre plasmatique (13). Nos résultats confirment la répartition des points de carence en cuivre. Il existe de fortes différences interspécifiques. Au niveau national, les teneurs moyennes en cuivre plasmatique et Cp sont les suivantes :

	Bovins	Ovins	Caprins	Camelins
Cu ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	64,5	89,2	95,1	107
Cp (D.O.)	164	324	326	100

Les petits ruminants possèdent semble-t-il une teneur élevée en Cp alors que les bovins et surtout les camelins présentent des valeurs très basses. En moyenne, la teneur en Cp des bovins est la moitié de celle des petits ruminants et celle des dromadaires, le tiers, ce qui confirme en partie les résultats de SRIVASTAVA et DWARAKNATH (24). Les différences interspécifiques s'atténuent chez les animaux carencés (5).

Transaminase (TGO)

Toutes les valeurs relevées de TGO sont normales. Il ne semble donc pas y avoir en Ethiopie de carence grave en sélénium et en cobalt. Les valeurs sont sensiblement voisines d'une espèce à l'autre. Les teneurs sont cependant plus basses chez le dromadaire ce qui confirme les observations de GHOSAL et DWARAKNATH (8), quoique les différences interspécifiques que nous trouvons soient moins prononcées (Tabl. VII).

TABLEAU VII Taux de TGO dans le plasma des ruminants domestiques (en unités RF) selon divers auteurs.

Bovins	Ovins	Caprins	Camelins	Références
52 (30)	120 (18)	—	15 (16)	(8) Inde
49 (420)	63 (409)	48 (172)	32 (53)	Ethiopie
57 (69)	88 (41)	—	—	(27) Etats-Unis
—	—	—	37 (30)	(9) Egypte

Le fait que nos prélèvements concernent des animaux de tout sexe, de tout âge et de toute condition physique explique la plus faible différence interspécifique. Si la carence en sélénium ne semble pas répandue en Ethiopie, la toxicité au sélénium, en revanche, due à l'ingestion par les animaux d'une plante séléno-accumulatrice (genre *crotalaria*) porterait un lourd préjudice au bétail dans la province du Trigray (MAKONNEN FANTAW, communication personnelle).

Etude synthétique

Il est certain que l'enquête que nous avons menée en Ethiopie manque d'informations complémentaires pour établir une carte détaillée des carences en oligo-éléments. Il aurait fallu ajouter aux analyses de fourrage et de sang, les renseignements de la pratique vétérinaire (3, 14, 18). Non seulement ces renseignements auraient corroboré les résultats des analyses, mais auraient rapporté des éléments d'appréciation sur des carences dont le diagnostic ne peut dépendre que de l'observation clinique (carences en iode, en manganèse

et en fluor). Les conditions de la pratique vétérinaire en Ethiopie rendent difficile la cueillette de telles informations.

Néanmoins, compte tenu des renseignements fournis par les cartes géologiques et pédologiques disponibles (15), nous pouvons établir une carte d'Ethiopie des carences en oligo-éléments (carte 4) en définissant les zones de la manière suivante :

— zone nettement carencée ou sub-carencée : région où les analyses de fourrages montrent une importante déficience et où les espèces animales ont des teneurs plasmatiques inférieures aux normes généralement admises ;

— zone potentiellement carencée ou sub-carencée : région où les valeurs très basses dans les fourrages laissent supposer un risque de carence chez les animaux (cas du manganèse) ou bien région où les fourrages et les animaux présentent des sub-carences au moins dans l'une des espèces concernées (cas du cuivre et du zinc).

Cette carte mériterait évidemment d'être précisée dans le détail par des enquêtes localement plus approfondies, par des prélèvements à réaliser dans des régions peu visitées par nous (triangle Afar en particulier), par des compléments d'information sur la pathologie locale et sa possible liaison avec des carences minérales, etc. Elle peut cependant constituer une bonne base de tra-

vail pour tous ceux qui ont la charge de la gestion de la santé animale en Ethiopie.

CONCLUSION

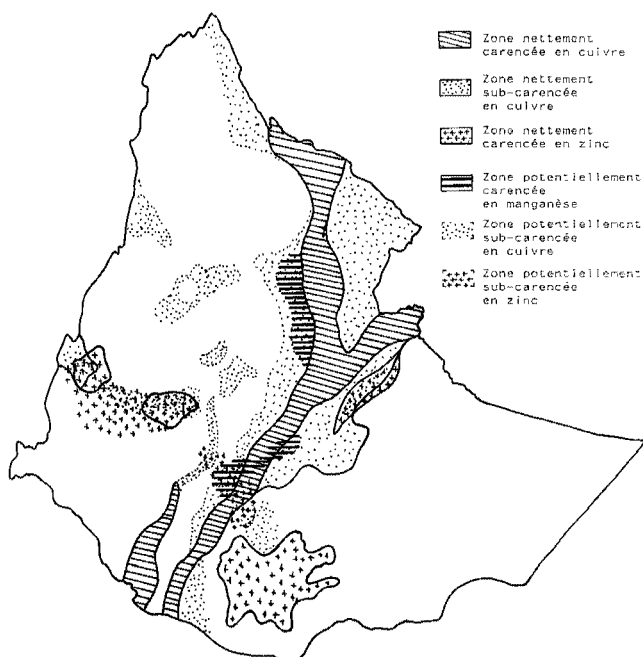
Les carences en cuivre, en zinc et secondairement en manganèse sont fréquentes dans les fourrages d'Ethiopie et sont largement répandues. Chez les ruminants domestiques, la carence en cuivre est, de loin, la plus importante et la plus grave, spécialement tout au long de la vallée du Rift. Elle affecte toutes les espèces concernées, y compris le dromadaire. La carence en zinc est en revanche bien moins fréquente, quoique les risques de déficience chez les animaux (dus à la faible teneur de cet élément dans les fourrages) soient fréquents dans certaines régions (Sidamo, Wollega, Harar). Les cas d'anémie relativement nombreux sont liés au parasitisme intestinal et surtout sanguin, dominante pathologique de certaines régions à forte pluviométrie. Les animaux hypocuprémiques semblent avoir également des teneurs en fer plasmatique inférieures à la limite de carence. Nous n'avons pas observé de carence en sélénium ou en cobalt.

Une prophylaxie basée sur la distribution de blocs à lécher enrichis en cuivre et en zinc serait suffisante pour parer aux risques de carence chez les animaux et assurer une meilleure productivité de l'élevage.

REMERCIEMENTS

La réalisation de cette enquête a nécessité la collaboration de très nombreuses personnes qu'il n'est pas possible de citer nommément, mais que nous remercions vivement pour leur coopération active : vétérinaires de province, assistants et vaccinateurs, techniciens des laboratoires vétérinaires, responsables des fermes d'Etat ou des projets et des stations d'élevage, éleveurs et dirigeants des associations de paysans, gouverneurs locaux et agents de la sécurité.

Nous tenons à remercier plus particulièrement les docteurs M. VIGIER et Y. FIKRE, co-directeurs du National Veterinary Institute pour leurs encouragements ; le docteur D. RICHARD, chef du laboratoire de nutrition de l'IEMVT pour les analyses de fourrages ; M. U. VIRNOT, électronicien, sans qui les analyses sur spectrophotomètre n'auraient pas été possibles ; le laboratoire de chimie de l'université agricole de Debré-Zeit qui nous a autorisé à utiliser ses appareils de mesure. ■



Carte 4 : Zone de carence en oligo-éléments.

FAYE (B.), GRILLET (C.), ABEBE TESSEMA. Trace minerals in feeding stuffs and ruminant plasma in Ethiopia. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1986, **39** (2) : 227-237.

Copper, zinc, iron, cobalt, and manganese were tested in 59 samples of various feeding stuffs from Ethiopia. 1,082 plasma of domestic animals (432 cattle, 425 sheep, 173 goats, 52 camels) from 89 different locations were similarly analysed for measuring plasmatic copper, zinc and iron with atomic absorption spectrometry as well as for testing their respective content in caeruloplasmine and transaminase (TGO). Analyses have shown the utmost qualitative and quantitative importance of two main deficiencies, *i.e.* copper among animals and zinc in feeding stuffs.

As a whole, Rift Valley is highly deficient with copper on a pedology and geology approach while animal zinc deficiency meets with granitic or dioritic areas. Iron deficiency (anaemia) seems to be linked with parasitism, mainly in blood, and copper deficiency. There is no evidence of cobalt nor selenium deficiency in Ethiopia, and transaminases are normally present in all considered animal species. Such results have allowed for a spotted mapping of deficiencies in view of further studies for a more precise definition. *Key words* : Ruminants - Feeding stuff - Plasma - Trace mineral - Ethiopia.

FAYE (B.), GRILLET (C.), ABEBE TESSEMA. Tasas de oligoelementos en los forrajes y el plasma de los rumiantes domésticos en Etiopía. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1986, **39** (2) : 227-237.

Se determinó el título del cobre, del cinc, del hierro, del cobalto y del manganeso en 59 muestras de forrajes de Etiopía. Se analizaron 1 082 plasmas de rumiantes domésticos (432 bovinos, 425 carneros, 173 cabras y 52 dromedarios) provenientes de 89 sitios diferentes para medir las tasas de cobre, cinc y hierro plasmático por espectrometría de absorción atómica y las de ceruloplasmina y de transaminasa (TGO). Los resultados de las análisis mostraron la importancia considerable cualitativa y cuantitativa de la carencia de cobre en los animales y de la carencia de cinc en los forrajes.

El valle del Rift constituye un conjunto pedogeológico muy deficiente para el cobre mientras que las carencias de cinc en los animales coinciden con las zonas graníticas o dioríticas. La carencia de hierro (anemia) parece vinculada con el parasitismo sobre todo sanguíneo, pero también con la carencia de cobre. Al parecer, no hay carencias de cobalto y de selenio en Etiopía, siendo las tasas de transaminas normales en todas las especies observadas. Estos resultados permitieron la realización de un mapa de cada carencia que necesitará otros trabajos para obtener una mejor precisión. *Palabras claves* : Rumiante - Forraje - Plasma - Oligoelemento - Etiopía.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALLCROFT (R.), UVAROV (O.). Prevention of Swayback in lambs. *Vet. Rec.*, 1959, **71** (42) : 884-889.
2. BELLANGER (J.), LAMAND (M.). Méthode de dosage du cuivre et du zinc plasmatique. *Bull. Tech. Theix. INRA*, 1975, **20** : 53-54.
3. BELLANGER (J.), PERIGAUD (S.), LAMAND (M.). Carence en oligo-éléments chez les ruminants en France. *Annls Rech. vét.*, 1973, **4** (4) : 565-598.
4. FAYE (B.). Note sur le comportement alimentaire du dromadaire dans la région d'Awash. Rapport NVRI, Debré-Zeit, 1983. 7 p.
5. FAYE (B.), GRILLET (C.). Study of copper deficiency and its prophylaxis in Awash area. Rapport NVRI, Debré-Zeit, 1982. 42 p.
6. FAYE (B.), GRILLET (C.). La carence en cuivre chez les ruminants domestiques dans la région d'Awash (Ethiopie). *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1984, **37** (1) : 42-60.
7. FAYE (B.), GRILLET (C.), ABEBE TESSEMA. Trace-elements status in grass and blood of domestic ruminants in Ethiopia. Rapport NVRI, Debré-Zeit, 1983. 36 p.
8. GHOSAL (A. K.), DWARAKNATH (P. K.). Normal serum transaminase activities in domestic animals. *Indian J. Anim. Hlth*, 1971, **10** (1) : 61-62.
9. IBRAHIM (M. S.), MOHAMED (A. R.), EL-BALKEMY (F. A.), OMRAN (H.), EL MAKAWI (M. F.). Etude de l'activité de l'Ivomec chez le chameau. Action antiparasitaire et incidence sur l'état général. *Res. Bull. Univ. Zagazig, Egypt*, 1982, 14 p.
10. LAMAND (M.). Les minéraux et les vitamines. *Point vét.*, 1975, (1) : 135-142.
11. LAMAND (M.). Le diagnostic des carences en oligo-éléments. *Point vét.*, 1975, (1) : 123-133.
12. LAMAND (M.). Les oligo-éléments. In : JARRIGE (J.), Alimentation des ruminants. Versailles, éd. INRA, 1978. pp. 143-155.
13. LAMAND (M.). Copper deficiency prophylaxis in grazing sheep by copper oxide injection. *Annls Rech. vét.*, 1978, **9** (3) : 501-504.
14. LAMAND (M.), PERIGAUD (S.). Carences en oligo-éléments chez les ruminants en France. Eléments d'enquête obtenus dans la pratique vétérinaire. *Annls Rech. vét.*, 1973, **4** (4) : 513-534.

15. MESFIN WOLDE MARIAM. An atlas of Ethiopia. Addis-Ababa, 1970. 84 p.
16. PERIGAUD (S.). Oligo-éléments et qualité des fourrages. *Fourrages*, 1974 (57) : 43-60.
17. PERIGAUD (S.), BELLANGER (J.). Conséquences de l'intensification fourragère sur la composition en oligo-éléments des fourrages. Extrait du VII^e Congrès mondial des fertilisants. Vienne, éd. Bruck und Verlag, 15-19 mai 1972.
18. PERIGAUD (S.), LAMAND (M.). Carences en oligo-éléments chez les ruminants en France. Eléments d'enquête obtenus dans les élevages. *Annls Rech. vét.*, 1973, **4** (4) : 535-565.
19. REITMAN (S.), FRANKEL (S.). A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. *Am. J. clin. Path.*, 1957, **28** (1) : 56-65.
20. RICHARD (D.). Bibliographie sur le chameau et le dromadaire. IEMVT, 1980. 137 p.
21. RIVIERE (R.). Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Ministère de la Coopération, IEMVT, 1977. 521 p. (Coll. Manuels et Précis d'Elevage n° 9.)
22. ROEDER (P. L.). Enzootic ataxia of lambs and kids in the Ethiopian Rift valley. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 1980, **12** : 63-67.
23. SPENCE (J. B.). Copper deficiency in cattle. *Vet. Rec.*, 1980, **107** (16) : 406-407.
24. SRIVASTAVA (K. B.), DWARAKNATH (P. K.). Ceruloplasmin (copper oxidase) activity in the serum of animals. *Indian J. Anim. Sci.*, 1971, **41** (11) : 1044-1046.
25. SUNDERMAN (F. W.), NOMOTO (S.). Measurement of human serum ceruloplasmin by its phenylenediamine oxidase activity. *Clin. Chem.*, 1970, **16** (11) : 903-910.
26. TARTOUR (G.). Copper status in livestock, pasture and soil in Western Sudan. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 1975, **7** : 87-94.
27. UNDERWOOD (E. J.). Trace-elements in human and animal nutrition. 4th ed., New York, N. Y. Academic Press, 1977.